

ИСЧИСЛЕНИЕ МНЕНИЙ: РАСШИРЕНИЕ РЕПУТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ

1. Введение

Технологический переворот, вызванный объединением компьютеров во всемирную сеть, поставил человечество перед новой реальностью, которую некоторые характеризуют как информационный взрыв. В существующих условиях возможности *получения* информации абсолютно превосходят возможности ее *обработки*. В поиске ответа на какой-либо вопрос современный человек может выбирать из тысяч доступных книг и миллионов еще более доступных документов во всемирной сети, может легко связаться с другими людьми, чтобы услышать их мнение. Горы информации лежат под нашими ногами, как железная руда лежала под ногами кроманьонцев. Дело лишь за нашей способностью все это обработать.

Один из подходов к обработке больших объемов информации, совместное фильтрование (collaborative filtering), подразумевает объединение усилий большого количества пользователей через доведение до конкретного пользователя мнений схожих пользователей. Например, в интернет-магазине, основываясь на содержимом вашей покупательской корзины, рекомендующая система может «вспомнить» тех пользователей, кто покупал то же, что и вы, и посоветовать вам те товары, которые они купили, а вы еще нет. В последние годы наблюдается расцвет социальных онлайн-служб: LinkedIn, Friendster, Outfoxed, Yahoo MyWeb и др. Популярны сервисы закладок и меток (bookmarking и tagging), как то: Flickr, del.icio.us, CiteULike, 43 Things и др.

Имеется большой набор информационных сред (назовем их так), полезная нагрузка которых сводится к обмену информацией и мнениями: многочисленные сайты, порталы, форумы, списки рассылок, блоги, конференции Usenet и т. д. Для этих сред центральными являются два вопроса:

- наполнение содержанием (тут интересен в основном момент *открытости*, т. е. простота внесения содержимого);

- поддержание релевантности (*контроль* ценности содержимого, удаление мусора).

В различных подходах наблюдается различный баланс между открытостью и контролем. Например, на традиционных тематических сайтах решение о публикации принимает редактор; однако есть списки рассылки, форумы, wiki, где модератор может лишь вмешаться в процесс, удаляя откровенно несоответствующие сообщения (спам, ругань и т. п.). Существует ряд решений, где модерацию осуществляют сами пользователи (например, slashdot).

Для разных уровней этого баланса характерны разные проблемы. Из того, что лежит на поверхности: более закрытые среды хуже масштабируются, более открытые, очевидно, сильнее засоряются.

Крайнее проявление засорения – спам, т. е. заведомо нежелательные для получателя сообщения, рассылаемые в надежде, что один из сотни тысяч получателей все-таки клюнет. Разнообразие спама в современной сети поражает: спам в почте, спам в интернет-пейджерах, спам в комментариях, спам в wiki и т. п. В средах меньшей степени открытости (умеренно модерируемых) отмечаются, например, такие явления, как флейм (чрезмерно эмоциональные споры на горячие темы, как правило – без сухого остатка) или, например, троллинг (раздувание споров и конфликтов ради них самих, провокация других участников на флейм). Есть масса менее идентифицируемых явлений, например, «бегание вокруг пожара с пустыми ведрами». Этот класс проблем хорошо рассмотрен в [1].

Чтобы работать с проблемами, более сложными, чем спам/флейм, требуются уже более сильные средства, чем тест Тьюринга и постмодерация. Такими средствами могут быть человек-редактор или рецензенты (peer review). Что еще больше затягивает петлю в плане масштабируемости, оперативности, цены, простоты использования.

Итак, на сегодня задача отбора/отсева релевантной/интересной информации решается в некотором смысле вручную.

Цель данной работы – отыскать подходы к более автоматической и массовой работе с мнениями, которая упрощала бы обмен результатами труда по просеиванию информации. А если верить Адаму Смиту и здравому смыслу, обмен результатами труда повышает эффективность системы.

1.1. Простая репутационная аксиоматика

Основная проблема, для которой была предназначена простая репутационная аксиоматика, – спам. Это относительно легкая задача: каждое сообщение может быть признано либо спамом, либо не спамом (ham). Соответствующие мнения получателей становятся публично доступны, благодаря чему

отправители имеют хорошую либо плохую репутацию (аксиоматика и некоторые мысли по работе с ней представлены в [2]).

Основная абстракция простой репутационной аксиоматики: некий участник (участники) инициирует некоторое сообщение. Другой участник, выступающий в роли получателя, может это сообщение принять или не принять. Основным критерий принятия – хорошая репутация инициатора.

Определение 1.1. *Репутация – это средняя мера соответствия прежних сообщений, за которые были ответственны те же участники.*

Таким образом, в простейшем случае в глазах участника v репутация участника e определяется следующим образом:

$$\rho_v(e) = \rho_v(E_e) = \frac{\sum_{\varepsilon \in E_e} \rho_v(\varepsilon)}{|E_e|}, \quad (1)$$

где E_e – множество сообщений, за которые e отвечает (например, потому что он их инициировал).

Гипотеза 1.1 (репутационная гипотеза). *Мы ожидаем, что прошлое поведение (т. е. репутация) в некоторой степени предсказывает будущее поведение.*

Также в ПРА рассматривается возможность *рекомендовать* то или иное сообщение. Достигается это просто: рекомендатель принимает на себя ответственность за сообщение – и, согласно определению 1.1, при расчете ожидаемой меры соответствия рекомендованного сообщения учитывается и репутация рекомендателя.

Для того чтобы выразить «осторожную» рекомендацию, используется нечеткая логика (т. е. если рекомендатель e поручился лишь «в некоторой степени» c , тогда рекомендованные сообщения принадлежат к его множеству ответственности лишь этой самой степени, $\varepsilon \in_c E_e$). В таком случае репутация рассчитывается как взвешенная сумма (центроид):

$$\rho(E) = \frac{\sum_{\varepsilon \in E} c(\varepsilon) \rho(\varepsilon)}{|E|}, \quad \text{где} \quad |E| = \sum_{\varepsilon \in E} c_\varepsilon. \quad (2)$$

Таким образом, была получена довольно простая и естественная аксиоматика. Очевидным пробелом [2] является отсутствие обсуждения механизмов распространения/востребования репутационной информации по заданному отправителю. Отчасти эта проблема обсуждается в разделе 4.3.

1.2. Почему не вероятности?

Отдельно следует остановиться на том, почему не используются средства теории вероятностей. Во-первых, нечеткая логика описывает совсем другой род неопределенности – не вероятность некоторого исхода, а неопределенность имеющегося результата, как правило – при работе с расплывчатыми понятиями, наподобие «хорошо–плохо» или «тепло–холодно». Опыт исследований по проблематике спама убедил меня, что это понятие вполне расплывчато и субъективно; при работе с более общим понятием «уместность» («релевантность») это еще более очевидно. Таким образом, использование вероятности имело бы смысл *наряду* с использованием нечеткой логики.

Однако есть одно соображение, которое ставит применимость теории вероятностей под большое сомнение. Вероятностная модель (Бернулли) подразумевает наблюдение за некоторым случайным процессом (монеты, кости). Эта модель не предполагает наличие обратной связи: результат эксперимента не зависит от того, что мы о нем думаем. Если мы наблюдаем за действиями кого-то разумного, кто в это же время наблюдает за нами, обратной связью пренебрегать никак нельзя.

Назовем это «проблемой зеркального коридора». Но мы никоим образом не утверждаем, что *не-применение* теории вероятностей позволяет эту проблему решить. Столь плотное вовлечение человеческого фактора, по-видимому, вообще выводит данную проблему за границы точных наук. И хотя репутационная гипотеза субъективно имеет статистический характер, формально теория вероятностей в данной модели задействована не будет.

2. Обобщенная (рефлексивная) аксиоматика мнений

Интересно было бы перейти к более широкому классу проблем. Вместо отправителя сообщения и получателя, определяющего степень «спамности» сообщения, будем рассматривать двух субъектов a и b ¹, множество элементарных сообщений ϵ и некоторый класс C , к которому данные сообщения могут быть отнесены либо не отнесены.

2.1. Формальное и нечеткое

Для понимания вопроса ключевым является различие между формализмом и мнением. Формальными и точными подразумеваются идентификаторы классов (например, слово «спам») и идентификаторы сущностей (отправителей, сообщений); вопрос же отнесения сущности к классу является уже

¹ Здесь и далее в тех случаях, когда это существенно, под a подразумевается получатель, под b – отправитель.

мнением. В общем-то, это мнение и представляет из себя смысловое наполнение класса. В том случае, если мнения различных субъектов относительно наполнения данного класса близки – мы можем говорить об общепринятом термине (обозначении).

2.2. Мера схожести

Обобщим понятие репутации/оценки ($\rho_v(\varepsilon)$, раздел 1.1) до понятия меры схожести мнений. Рассмотрим, каким образом могут соотноситься мнения двух субъектов по некоторому фиксированному вопросу (рис. 1). В качестве

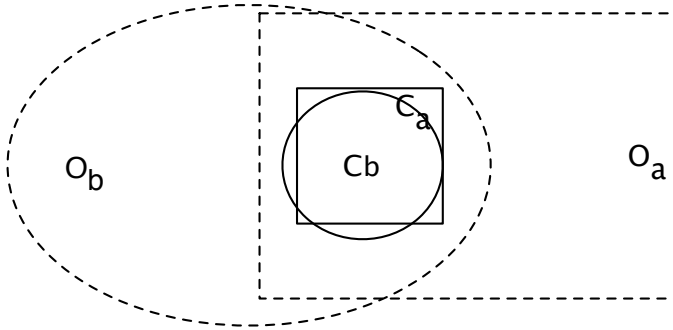


Рис. 1. Класс C глазами субъектов a и b : O_i – области компетенции субъектов (относительно класса C), C_i – класс C глазами субъекта i

меры согласия естественно определить отношение мощности множества «согласия» (т. е. $C_a \cap C_b$) к совокупной мощности множества заявленных соответствий по данному вопросу (т. е. $C_a \cup C_b$) – все в пределах обоюдной компетенции ($O_a \cap O_b$, здесь O_i – четкие множества). Итак, для нечетких множеств, мера схожести мнений двух субъектов по некоторому вопросу равна

$$\rho_a^C(b) = C_a \ominus C_b = \frac{|C_a \cap C_b|}{|C_a \cup C_b|} = \frac{\sum_{x \in O_a \cap O_b} \min(\mu_{C_a}(x); \mu_{C_b}(x))}{\sum_{x \in O_a \cap O_b} \max(\mu_{C_a}(x); \mu_{C_b}(x))}, \quad (3)$$

где $\mu_M(e)$ – степень вхождения элемента e в нечеткое множество M , величина в интервале $[0; 1]$. Данная формула актуальна в рамках обоюдной компетенции – там, где и a и b что-то определенно утверждают. Легко видеть, что $C_a \ominus C_b$ варьируется в интервале $[0; 1]$ – от полного расхождения до полного согласия соответственно.

Хотя, казалось бы, $C_a \ominus C_b = C_b \ominus C_a$, но это отнюдь не значит, что $\rho_a(b) = \rho_b(a)$, поскольку множество объектов, «посоветованных» b и затем проверенных a , и обратное множество «посоветованного» от a к b , очевидно, в большинстве случаев не совпадают. Для аккуратности вообще имело бы смысл указать, что C_b – не есть весь класс C глазами b , а лишь та часть,

что была «присоветована»². Но в целях краткости я ограничусь оговоркой, что b – отправитель, а a – получатель. Немного более подробно этот аспект формализуется в следующем разделе.

3. Рефлексивные множества

Более подробно следует остановиться на «рамках обоюдной компетенции». В предыдущем разделе уже рассматривались «осторожные» рекомендации, имеет смысл реализовать похожий механизм и здесь. Мы понимаем степень принадлежности x к C_a как *мнение a* . Насколько a уверен в этом мнении? (Как выразить: «сам не видел, но говорят, что...»?) В то же время понятно, что если речь идет о мнениях, один участник может *знать* о нескольких различных мнениях по вопросу. Если, например, наивно сформулировать наличие двух мнений как $(x \in_{0.1} C \text{ И } x \in_{0.9} C)$, то в результате получим $x \in_{0.9} C$, что есть совсем не то. Именно поэтому будем работать с утверждениями как с некоторыми элементами: $O_a^C = (C_a) = \{(x \in_{\mu} C_a)\}$ – рефлексивное множество мнений участника a относительно класса C . («Рефлексивное» в смысле «отражения», «самоосмысления», способности человека «познавать свою умственную деятельность так же, как мы познаем внешние предметы»³). Поскольку мы работаем с нечеткими множествами, вполне логично, что мнение, принадлежащее к O_a^C в некоторой степени, – это мнение, в котором a не вполне уверен (будем соответствующую степень принадлежности называть *мерой уверенности*).

В нечеткой логике принят термин *universe of discourse* для обозначения множества всех рассматриваемых элементов; соответственно, все рассматриваемые нечеткие множества являются подмножествами своего универсума. Например, универсум U_a – это множество всех элементарных объектов, известных участнику a , а классы $C_a, D_a, E_a, \bar{C}_a, C_a \cap D_a \dots$ – нечеткие множества в универсуме U_a . Таким образом, взгляды каждого участника образуют свой непротиворечивый универсум и не могут быть совмещены со взглядами другого участника непосредственно (через операцию И, например).

В то же время универсум U_a , а точнее – составляющие его отношения $(x \in_{\mu} C)$, являются элементами в универсуме мнений (U_a) и составляют там множества мнений a , например: $O_a^C = (C_a) = \{(x \in_{\mu} C)\}$. Таким образом, мы получаем «бутерброд» из двух универсумов.

² Конечно, если бы целью данной работы являлось написание рекомендующей системы для веб-магазина, где все данные лежат в одной базе данных, мы могли бы оперировать с оригинальным, полным C_b . Однако же в распределенном случае полная сверка всех мнений просто невозможна.

³ Локк Дж. Избранные философские произведения. М., 1960. Т. 1. С. 129–160.

3.1. Мера схожести в рефлексивных множествах

Мы будем использовать (нечеткие) рефлексивные множества вида

$$(C) = \{(x \in_{\mu} C)\}.$$

Рассмотрим следующую ситуацию: «По мнению a , когда b утверждает, что, по-видимому, $x \in_1 C$, он сильно ошибается, ведь a знает, что $x \in_0 C$ ». Как видим, здесь несколько уровней рефлексии: $x \in_1 C$ – утверждение b , который в нем почти уверен (рефлексия), $(x \in_1 C) \in_{0.8} O_b$, но a уверен в обратном, $(x \in_0 C) \in_{1.0} O_a$, и, соответственно, оценивает степень схожести своего мнения с мнением b .

Итак, перед a встает задача посчитать меру схожести мнений b и его собственных. Если a сопоставит совет b и свой опыт, то получит:

$$(x \in_1 C_b) \ominus (x \in_0 C_a) = 0.$$

Однако он может отнести результат этого сопоставления на счет b не в большей степени, нежели b на этом мнении настаивал:

$((x \in_1 C_b) \ominus (x \in_0 C_a)) \in_{0.8} M_a(b)$, подразумевая под $M_a(b)$ множество сопоставлений мнений a и b .

В то же время, рассуждает a , он не более уверен в этом сопоставлении, нежели в своем («контрольном») мнении относительно x :

$$\left(((x \in_1 C_b) \ominus (x \in_0 C_a)) \in_{0.8} M_a(b) \right) \in_{0.99} (M_a(b)).$$

Как видим, здесь присутствуют три уровня рефлексии – никакой, рефлексия b и рефлексия a о рефлексии b .

При подсчете меры схожести мы будем взвешивать сопоставления соответственно их кумулятивному рефлексивному весу:

$$(C_a) \ominus (C_b) = \frac{|(C_a) \cap (C_b)|}{|(C_a) \cup (C_b)|} = \frac{\sum \min(\mu_{C_a}, \mu_{C_b}) \mu_{O_a} \mu_{O_b}}{\sum \max(\mu_{C_a}, \mu_{C_b}) \mu_{O_a} \mu_{O_b}}, \quad (4)$$

где под кратким обозначением μ подразумевается мера включения соответствующего элемента в соответствующее множество, например $x \in_{\mu_{C_a}} C_a$ или $(x \in_{\mu_{C_a}} C_a) \in_{\mu_{O_a}} O_a$ и т. д.

Итак, с обобщением (1) до (3) и (2) до (4) задачу перехода от понятия репутации к мере схожести мнений можно считать выполненной.

3.2. Геометрическая интерпретация

В «геометрическом» понимании в случае рефлексивных множеств под схожестью мнений мы будем подразумевать все ту же меру, однако мощность множеств будет отсчитываться от охватывающего универсума (мнений).

На рис. 2 легко видеть, что отношение площадей фигур $C_a \cap C_b$ и $C_a \cup C_b$ пропорционально мере схожести мнений, соответственно в простом (рис. 2, а;

(3)) и рефлексивном (рис. 2,б; (4)) пониманиях. Как видим, во втором (рефлексивном) представлении разница во мнениях сглаживается тем, что в «спорной» области b на своем мнении не настаивает (мера уверенности мала).

4. Многоуровневая модель

На основе меры схожести и рефлексивных множеств построим многоуровневую модель работы с мнениями. Уровень 0 будет примерно соответствовать модели из раздела 1.1: речь пойдет об отправителях и сообщениях, за которые они ответственны и которые оцениваются получателем. Каждый следующий уровень состоит из мнений относительно меры схожести объектов предыдущего уровня, $\rho_a^{i+1}(b) = (C_a^i) \ominus (C_b^i)$, в свою очередь C_a^{i+1} формируется на основе $\rho_a^{i+1}(b)$: $(b \in_{\rho_a^{i+1}(b)} C_a^{i+1}) \in O_a^{i+1}$.

В популярных терминах, если нулевой уровень – это ответственность за собственные сообщения, то первый уровень – это мнения относительно чужих сообщений, второй – мнения относительно чужих мнений (т. е. мнения о репутации других участников), а третий уровень соответствует чему-то наподобие «рейтинга интернет-каталогов» или «рейтинга кредитных бюро».

Может показаться странным, что в C^i входят разнородные объекты. Это как непосредственно объекты-сообщения и мнения о них (обозначаются, как правило, x), так и участники и мнения о них (a, b). Строго говоря, во всех случаях элементами O^{i+1} являются мнения о *множествах объектов* предыдущего уровня, о $\{x\}$ или O_a^i , т. е. объекты однородны и обозначения x, a, b применяются для краткости.

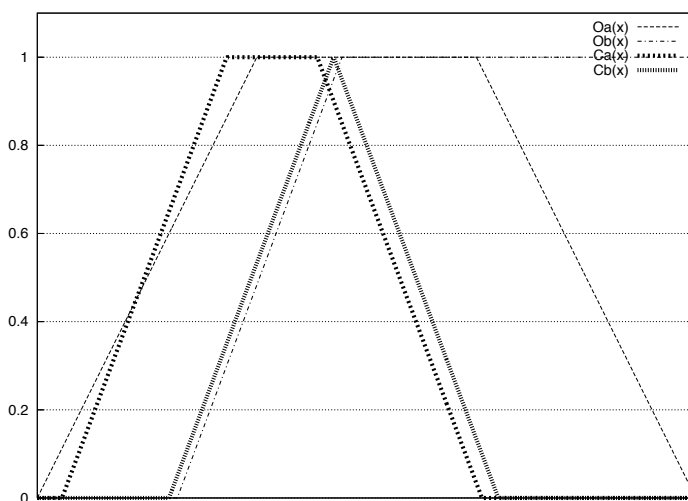
4.1. Уровни

4.1.1. Уровень 0. Объекты

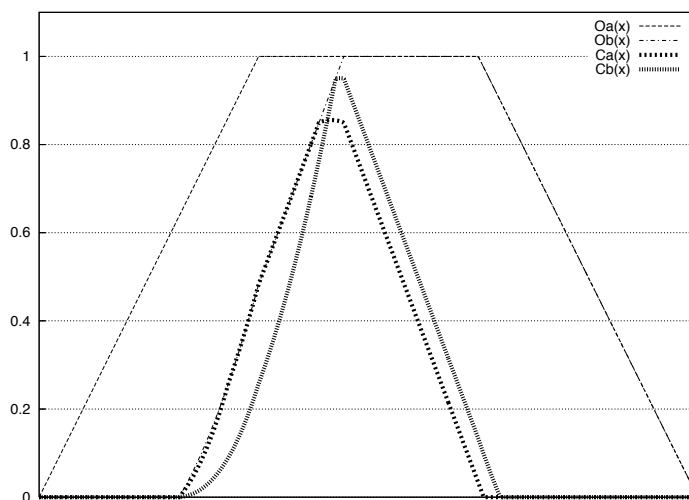
Модель 0 уровня соответствует модели раздела 1.1: речь идет об объектах (сообщениях), за которые ответственен участник (O_b^0 соответствует E_b в обозначениях раздела 1.1). На отправляющей стороне участник может быть ответственен за сообщение потому, что он его инициировал либо поручился за сообщение или инициатора; участник может быть составной сущностью («коллективом») – тогда он в ответе за сообщения, инициированные его «частями». Неявно подразумевается, что инициированный объект абсолютно релевантен: $C_b^0 = 1$ в O_b^0 т. е. $O_b^0 = \{(\varepsilon \in_1 C_b^0)\}^4$.

На принимающей стороне речь идет о первичных оценках ρ_a^0 , сделанных пользователем («это спам/не спам», «это релевантно/не релевантно» и т. д.).

⁴ Под 1 подразумевается множество, содержащее все элементы соответствующего универсума, для любого x $\mu_1(x) = 1$.



a



b

Рис. 2. Геометрическая интерпретация (3), (4) (горизонтальная ось – элементы, вертикальная – μ , степень включения): *a* – C_a, C_b, O_a, O_b отложены «условно», как если бы они имели место в одном универсуме (при этом x и мнение о x , ($x \in C_i$), считаются как бы одним и тем же элементом); *b* – сравнение C_a и C_b отложено внутри O_b , которое, в свою очередь, отложено внутри O_a , т.е. $y_{C_b}(x) = \mu_{C_b}(x) \cdot \mu_{O_b}((x \in C_b)) \cdot \mu_{O_a}((x \in C_a))$

Значения ρ более высоких порядков ($\rho_a^i, i > 0$) уже рассчитываются на основе ρ_a^{i-1} . Таким образом, $O_a^0 = 1$, а C_a^0 – это собственно класс C глазами a ; универсумом для O_a^0 является множество объектов, которые a рассмотрел на предмет принадлежности к C .

Меру схожести мнений мы увидим как $\rho_a^1(b) = (C_a^0) \ominus (C_b^0)$, что арифметически, согласно (4), выльется во взвешенную сумму оценок сообщений, инициированных b , т. е. в равенство (2). Таким образом, $\rho_a^1(b)$ будет представлять из себя репутацию b глазами a в смысле [2]. Как видим, результат вполне логичный.

4.1.2. Уровень 1. Мнения

Можно сказать, что ρ^1 – это «репутация в качестве автора». Причем $\rho_a^1(x) = (C_a^0) \ominus (C_b^0)|_x = (x \in_{\rho_a^0(x)} C_a) \ominus (x \in_1 C_b) = \rho_a^0(x)$, т. е. для собственноручно оцененных элементарных сообщений значения ρ^0 и ρ^1 совпадают. С той только разницей, что тут уже речь идет о предоставляемом a *мнении*, за которое a отвечает, $O_a^1 = \{(x \in_{\rho_a^0(x)} C_a^1), (b \in_{\rho_a^0(x)} C_a^1)\}$.

Таким образом, на уровне 1 участник отвечает уже не за собственные сообщения, а за собственные мнения о своих либо чужих сообщениях. C_a^1 – это множество сообщений, которые a считает действительно принадлежащими к C (а также авторов, чьи сообщения в C релевантны, т. е. a с ними в этом согласен).

4.1.3. Уровень 2. Репутации

Таким же образом ρ^2 характеризует меру схожести мнений двух участников относительно любых объектов (которые были «обсуждены»). Соответственно, C_a^2 – это множество участников, чьи мнения схожи с мнениями a . Простыми словами, ρ^2 – это «репутация советчика».

4.1.4. Уровень k

Уже приводившийся пример «репутация рейтинга интернет-каталогов» на глазок соответствует ρ никак не ниже 3-го уровня (зависит от того, что же перечислено в этих каталогах).

4.2. Ожидание

Для того чтобы от многоуровневой модели нам была какая-то польза, необходимо переформулировать (обобщить) репутационную гипотезу и определение 1.1 в терминах мер схожести/уверенности.

Определение 4.1. *Ожидание – это величина, равная произведению меры схожести и меры уверенности для некоторого множества объектов ($\epsilon = \rho\mu$)⁵.*

Гипотеза 4.1. *Ожидание характеризует предполагаемую степень принадлежности к целевому классу некоторого, ранее неисследованного объекта из рассматриваемого множества.*

То есть если $(b \in_{\rho_a^{i+1}(b)} C_a^{i+1}) \in_{\mu_a^{i+1}(b)} O_a^{i+1}$, то a будет $\epsilon_a^{i+1}(b)$ -уверен в мнении уровня i , предложенном b , или еще короче:

$$O_b^i \subset_{\epsilon_a^{i+1}(b)} O_a^i, \quad \text{где } \epsilon_a^{i+1}(b) = \rho_a^{i+1}(b) \cdot \mu_a^{i+1}(b). \quad (5)$$

Под \subset подразумевается поэлементное дисконтированное включение⁶.

Формулируя неформально, наша уверенность в советах некоторого лица равна нашей уверенности в схожести его мнений с нашими (в частном случае – его репутации)⁷.

Рассмотрим частный случай уровня 0. Если a руководствуется собственным опытом относительно b , то $\mu_a^1(b) = 1.0$; мера соответствия мнений $\rho_a^1(b)$ равна среднему уровню оценки сообщений, за которые b ответственен (сводится к (2)). Следовательно, ожидание $\epsilon_a^1(b)$ равно тому же среднему уровню $\rho_a^1(b)$. Итак, для сообщений уровня 0 (соответствуют сообщениям из раздела 1.1), инициированных b , предполагаемая степень принадлежности сообщения к целевому классу (предполагаемая оценка, ρ) равна репутации b , т. е. среднему уровню соответствия прошлых сообщений. Короче говоря, определение 1.1 является частным случаем определения 4.1 – с той только разницей, что в многоуровневой рефлексивной модели оценка/репутация ρ в смысле [2] расщепляется на два понятия – собственно заявленная репутация/оценка/соответствие и уверенность в достоверности оной.

4.3. Приложения многоуровневой модели

Варианты применения многоуровневой модели на практике можно разделить на два общих типа: уникастовые и мультикастовые. В мультикастовых средах сообщения публичны или ограниченно публичны (например: форумы, блоги, LiveJournal, списки рассылки, группы Usenet и т. п.). Уникастовая же среда подразумевает, что содержание сообщения должно быть доступно

⁵ Величина названа ожиданием по аналогии с математическим ожиданием.

⁶ $A \subset_{\epsilon} B : \forall x \in_{\mu_A(x)} A \Rightarrow x \in_{\epsilon \cdot \mu_A(x)} B$. Дисконтированное включение соответствует нечеткой импликации Гогена (Goguen).

⁷ Другой вариант формулировки: при учете чужих мнений мера уверенности убывает пропорционально репутации советчика.

только отправителю и получателю и даже факт передачи сообщения вполне приватен (как, например, e-mail). Соответственно, эти ограничения влияют и на топологию обмена мнениями.

4.3.1. Уникаст

В данном случае горизонтальное распространение сообщений и мнений отсутствует (рис. 3,б) – каждое сообщение передается непосредственно от отправителя к получателю. Один участник, основываясь на собственном опыте, а именно на репутации (меры схожести уровня 2) некоторого рекомендателя, принимает его мнение уровня 1, которое уже позволяет принять или отклонить сообщение отправителя (объект уровня 0). Очевидно, уровней может быть больше (см.: «репутация рейтинга кредитных бюро»).

Назовем это *моделью диагонального распространения*.

Замечание. Подразумевается, что у участника есть некоторый метод сопоставления известных ему мнений (для тех случаев, когда есть несколько различных мнений, полученных от других участников):

$$f : \{((b_j \in_\rho C) \in_\mu O)\} \rightarrow \epsilon. \quad (6)$$

Такой метод может учитывать самые разные соображения, например, устойчивость к некоторым атакам злоумышленников. Скажем, ущерб от актуальной для Р2Р репутационных систем Sybil attack [3] – размножения фиктивных сущностей, поручающихся за злоумышленника, – может быть *локализован* через отсеечение мнений с относительно низким μ .

4.3.2. Мультикаст

В случае мультикаста мы можем вести себя немного проще: поскольку сообщение может передаваться через цепочку отправителей, каждое мнение уровня 1⁸ может распространяться (во все стороны) благодаря репутации (ρ^2) автора в глазах соседей, затем соседей в глазах их соседей и т. д. С каждым шагом мера уверенности будет уменьшаться, пока очередной сосед соседа соседа не решит, что она слишком мала для того, чтобы продолжать распространение. Если кто-то из тех, кого сообщение достигло, оценит его положительно, распространение начнется с новой отправной точки.

Назовем это *моделью горизонтального распространения* (рис. 3,а).

Данный вариант имеет ряд преимуществ, однако он не так прост в реализации. Очевидно, передача приватных сообщений подобным образом нецелесообразна – речь может идти о тематических группах по обмену мнениями,

⁸ Объект уровня 0 – это само сообщение, которое имеет некоторый размер в байтах. По сугубо техническим причинам, гораздо выгодней обмениваться сначала относительно компактными объектами уровня 1, т. е. мнениями.

то, что сейчас реализуется списками рассылки, форумами и тому подобными средствами, однако в данном случае противоречие открытости среды и качества содержимого, как автор предполагает, будет в значительной мере сглажено⁹.

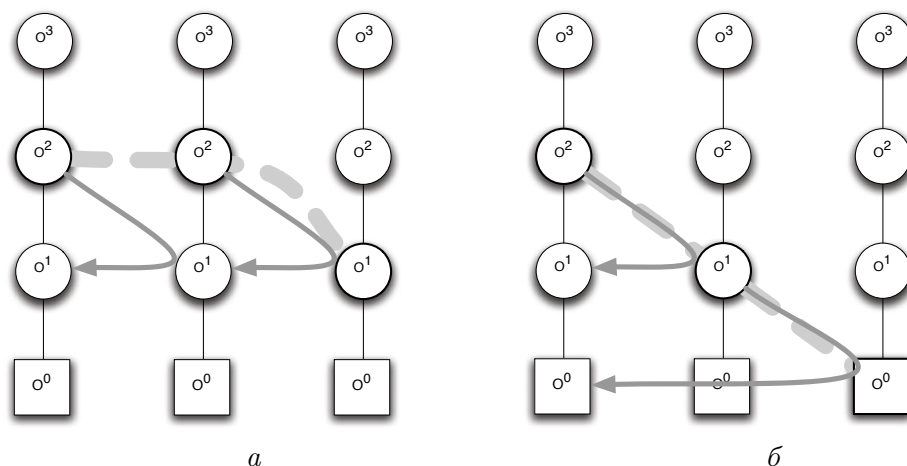


Рис. 3. Распространение мнений для мульти- (а) и уникастовых сред (б). Тонкие стрелки имеют примерно следующее значение: « $\epsilon_a^{i+1}(b)$ позволяет a учесть $\epsilon_b^i(c)$ », т. е. учет чужих мнений согласно уверенности в репутации источника (ожиданию). Широкий пунктир проведен через те множества, мнения из которых используются

5. Выводы

В данной работе репутационная модель обобщена до модели схожести мнений. Рассмотрены варианты использования данной модели на практике (по мнению автора, допущенный при этом уровень конкретики отнюдь не является низким на фоне современных работ по этой тематике [4–17]).

Литература

1. SHIRKY C. A Group is its own worst enemy [Электрон. ресурс]. Режим доступа: http://www.shirky.com/writings/group_enemy.html
2. GRISHCHENKO V. S. Redefining web-of-trust: reputation, recommendations, responsibility and trust among peers // Proc. 1st Workshop on Friend of a

⁹ Я считаю, что располагаю практически применимым P2P алгоритмом, реализующим данный принцип, однако его рассмотрение будет произведено в другой статье.

- Friend, Social Networking and the Semantic Web. Galway, 2004. P. 75–84 [Электрон. ресурс]. Режим доступа: http://www.w3.org/2001/sw/Europe/events/foaf-galway/papers/fp/redefining_web_of_trust/
3. DOUCEUR J. R. The Sybil attack // Proc. of the IPTPS'02 Workshop. Cambridge, MA (USA), 2002. P. 251–260.
 4. GOLBECK J., HENDLER J. Filmtrust: Movie recommendations using trust in web-based social networks // Proc. IEEE Consumer Communications and Networking Conference. Las Vegas, 2006.
 5. GOLBECK J. Personalizing applications through integration of inferred trust values in semantic web-based social networks // Semantic Network Analysis Workshop at the 4th Int. Semantic Web Conf. Galway, 2005.
 6. SURYANARAYANA G., TAYLOR R. N. A survey of trust management and resource discovery technologies in peer-to-peer applications // ISR Technical Report UCI-ISR-04-6/The Institute for Systems Research. University of Maryland. Maryland, 2004.
 7. XIONG LI, LIU L. Reputation and trust [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <http://citeseer.ist.psu.edu/xiong05reputation.html>
 8. XIONG LI, LIU L. A reputation-based trust model for peer-to-peer commerce communities // Proc. IEEE Int. Conf. on E-Commerce Technology. Newport Beach, 2003.
 9. RAMCHURN S. D., SIERRA C., GODO L. ET AL. A computational trust model for multi-agent interactions based on confidence and reputation // Proc. 6th Int. Workshop of Deception, Fraud and Trust in Agent Societies. Melbourne, 2003.
 10. WANG Y., VASSILEVA J. Trust and reputation model in peer-to-peer networks // Proc. 3rd IEEE Int. Conf. on Peer-to-Peer Computing. Linkopings, 2003.
 11. WANG Y., VASSILEVA J. Trust-based community formation in peer-to-peer file sharing networks // Proc. IEEE/WIC/ACM Int. Conf. on Web Intelligence. Beijing, 2004.
 12. WANG Y., VASSILEVA J. Bayesian network-based trust model // Proc. IEEE/WIC Int. Conf. on Web Intelligence. Halifax, 2003.
 13. ABERER K., DESPOTOVIC Z. Managing trust in a peer-to-peer information system // Proc. 10th Intl. Conf. on Information and Knowledge Management. Atlanta, 2001.
 14. ABDUL-RAHMAN A., HAILES S. Using recommendations for managing trust in distributed systems // Proc. IEEE Intl. Conf. on Communication. Kuala Lumpur, 1997.
 15. RICHARDSON M., AGRAWAL R., DOMINGOS P. Trust management for the semantic web // Proc. 2nd Int. Semantic Web Conference. Sanibel Island, 2003.

16. JOSANG A., LO PRESTI S. Analysing the relationship between risk and trust // Proc. 2nd Int. Conf. on Trust Management. Oxford, 2004.
17. MCANALLY D., JOSANG A. Addition and subtraction of beliefs // Proc. Conf. on Information Processing and Management of Uncertainty in Knowledge-Based Systems. Perugia, 2004.
18. JOSANG A., KESER C., DIMITRAKOS T. Can we manage trust? // Proc. 3rd Int. Conf. on Trust Management. Rocquencourt, 2005.